SPring-8 での弱結合未知粒子の探索



<u>稲田聡明</u>,難波俊雄^A,浅井祥仁,小林富雄^A, 玉作賢治^B,田中義人^B,澤田桂^{B,}石川哲也^B

東大理,東大素セ^A,理研/SPring-8^B

平成25年3月28日 日本物理学会第68回年次大会@広島大学

放射光と結合するアクシオンを探したい 1/2

アクシオン

- ▶ QCD における「強い CP 問題」
- 破れているはずの CP が,中性子の電気双極子モーメントの測定 により実験的に高い精度で保存(CP 非保存項の係数 $\bar{\theta} < 10^{-10}$)
- 新たな U(1) 対称性の導入, 擬NG粒子がアクシオン

→ 高いエネルギースケール f_aで対称性が破れて, 質量を獲得

• 質量と結合の大きさは f_a-1 で抑制される

 1) 軽くて結合の小さい粒子の探索が, 高エネルギー物理に直結
 2) コールドダークマターの候補



放射光と結合するアクシオンを探したい 2/2

- ▶ Axion-like Particle (ALP)の性質



探し方 – LSW 実験 -

- Light Shining through a Wall (LSW) 実験
- ・ アクシオンは物質との相互作用が小さい
 → アクシオンを介して遮光壁を通過してくる光子を検出
- 透過光子は元の光子と同一エネルギー



- 可視光源を用いた実験は過去 20 年間繰り返し探索されてきた
- X線光源を用いた本格的な実験はまだ・・・(強い光源,磁石の使用)

光源 – SPring-8 放射光 -

1. ALP の質量

 探索できる質量の上限は、光子 エネルギーEのルートで決まる(VE) (SPring-8 X線光源は、従来の可視光 源よりエネルギーが4桁高いので、2 桁重い粒子を探索できる)



- 約60本のビームライン中で最高強度
 の BL19LXU を使用
 (時間平均強度は世界一)
- ・標準的な BL より3-4 倍の強度



BL19LXU	值
出力エネルギー	$7.2{-}51~{ m keV}$
ビーム強度	(連続スペクトル) 10 ¹³ -10 ¹⁴ photon/s
線幅 ビームサイズ パルス幅/周期	@ 7.2-30 keV 数 eV 数百 μm 40 ps/24 ns (~CW)

検出器系 - Ge 検出器と鉛シールド -

- Ge 検出器: 結晶の直径 60 mm
- バックグラウンド (BG) を抑えるため
 Ge 結晶の周りを鉛 5 cm でシールド
- ビームは \$\phi30 \$\mathcal{O}\$ \$\
- PHADC でエネルギースペクトルを測 定し、エネルギーカットをかける
- エネルギー分解能: 150 eV @ 9 keV
- 検出効率: 72% @ 9 keV



検出器系	値
Ge 結晶	直径 60 mm
	厚さ 25 mm
検出器窓	
(強化プラスチック)	厚さ 0.6 mm
エネルギー分解能 (σ)	$150~{\rm eV}$ @ $9~{\rm keV}$
検出効率	72%@ 9 keV



用意している磁石

KEKB を退役した常伝導双極子電磁石

- 5-10 台利用可能
- ビーム軸方向に 2.1 m の長さ
- 発生磁場は 114 mmの間隔に 0.5 T
- 必要な電流は, 直流で1 kA
- 発熱(冷却水)は 21 kW (15 l/min)

磁石	1台あたりの値
磁場 × 長さ 定格電流 重量 時局間隔 抵抗(発熱量)	$0.52 \text{ T} \times 2.1 \text{ m}$ 1 kA 5.6 t 114 mm 10 mQ (21 kW)
冷却(純水)	10 mm (21 kW) $15 \ell/\text{min}$



磁石を複数台並べて, 合計の磁場×長さで勝負したい

• このままでは 100 kW クラスの電源, 冷却系が数台必要. そこで・・・

磁束を集束して磁場を強める

- ➤ 磁極間隔に, 上下に台形型の鉄シムを挿入して, 磁束をフォーカスする.
- 1. 鉄の飽和磁束密度までなら強化可能: (i
 0.5 T → 2 T
- 2. 電流は 40% で済む:発熱は 20% 以下に
- 現在シムの加工準備中







磁石のセットアップ

ビームラインには実験ハッチが4部屋 > 電磁石を各ハッチに2台ずつ,計8台設置



光子との結合定数に対する期待感度

- 黒:先行実験
- 赤:SPring-8 (9 keV のビームエネルギーで1日測定)
- 線の上側の領域を棄却(95% C.L.)



期待される感度:

- 可視光実験による制限よりも2桁重い質量領域において初探索
- 発見されない場合には地上実験における制限を1桁以上更新

既に行った予備実験 – パラフォトン探索 -

パラフォトン

- 光子との間でニュートリノの様な微小振動をする未知粒子
- アクシオン探索と同様の LSW セットアップ(磁場なし)で探索可能



- 成に、F40月にBL19で一週间はCハリノオトノ抹糸を11つに • 女射坐め坐営るの取り扱いにおいて問題が無いことも変認
- 放射光や光学系の取り扱いにおいて問題が無いことを確認

まとめ

- SPring-8 BL19LXUの大強度X線ビームを光源に用い、光子と弱く結合する Axion-like Particle の LSW 実験を行う
- ・ 光子↔アクシオン変換の強力な磁石を調整中であり、
 それ以外のコンポーネントの準備は完了している.
- 可視光レーザー実験より 2-3 桁まで重い質量領域において、地上実験としては最高感度(光子との結合定数に対して1桁以上の更新)が見込まれる.